

⑫ 公開特許公報(A)

平1-107582

⑤ Int.Cl.

H 01 L 39/24
39/22

識別記号

Z A A
Z A A

庁内整理番号

J-8728-5F
A-8728-5F

④ 公開 平成1年(1989)4月25日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全5頁)

④ 発明の名称 超電導回路の形成方法および超電導素子

① 特 願 昭62-263817

② 出 願 昭62(1987)10月21日

⑦ 発 明 者 原 市 聡 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作
所生産技術研究所内⑦ 発 明 者 諫 田 尚 哉 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作
所生産技術研究所内⑦ 発 明 者 曾 和 孝 義 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作
所生産技術研究所内

① 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

② 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

超電導回路の形成方法および超電導素子

2. 特許請求の範囲

1. 超電導層に対して、集束ビームによる加工あるいは不純物打ち込みを用いて回路素子の絶縁を行い、また集束ビームによる局所成膜を用いてスイッチング回路形成を行うことを特徴とする超電導回路の形成方法。

2. 集束イオンビームによるスパッタ加工、あるいは集束レーザビームによる熱加工を用いて、超電導層の一部を物理的に除去して回路素子の絶縁を行うことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の超電導回路の形成方法。

3. 集束イオンビームを用いて、超電導層の所望の領域に選択的に不純物を打ち込み絶縁体を形成し、回路素子の絶縁を行うことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の超電導回路の形成方法。

4. 集束イオンビーム、集束電子ビーム、集束レ

ーザビーム等による局所成膜を用いて、超電導配線に対して絶縁膜を介して立体交叉する配線を形成し、既局所成膜配線に電流を流した時に生じる磁場を用いて、既超電導配線のスイッチングを行う、スイッチング回路を形成することとを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の超電導回路の形成方法。

5. 格子状に形成した超電導配線と、格子間に設けた電極からなり、超電導配線の所望箇所の切断を行い、また既格子間電極を連結し超電導配線に対して絶縁膜を介して立体交叉する配線を形成し所望箇所にスイッチング回路を形成することにより、任意の回路を形成できることを特徴とする超電導素子。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は超電導素子に係り、特に任意の回路形成を行うのに好適な、集束ビームを用いた超電導回路の形成方法に関する。

〔従来の技術〕

現在世界中で、セラミック特にY-Ba-Cu-O系の高温超電導体のし烈な開発競争が行なわれている。その中で最近セラミック高温超電導体に不純物を打ち込むと抵抗が急激に上昇することが報告された。例えば日経マイクロデバイス1987年9月号のP47「Y-Ba-Cu-F-O系超電導は本物、中国が追試に成功」の記事では、本来臨界温度を下げる目的でY-Ba-Cu-O系超電導体にFを打ち込んだ実験で、単にFを打ち込んだだけでは抵抗が逆に急激に上昇する事実が報告されている。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上記の報告例では、超電導体全体に不純物としてFイオンを打ち込むと抵抗が急激に上昇する事実が報告されている。

一方集束イオンビームを用いれば、試料中の任意の微小領域に精度よく選択的に不純物を打ち込むことができる。

そこで、基板上に形成した超電導薄膜層に対して、集束イオンビームを用いて選択的に不純物を

セラミック超電導体内では、各々の構成原子が規則的に配列し結晶構造を形成している。この結晶中に高エネルギーのイオンを打ち込むと、結晶構造を破壊し不純物単位をつくるため、超電導電流の流れを妨げ抵抗が急激に上昇する。そこで、集束イオンビームを用いて、超電導薄膜中に選択的に不純物イオンを打ち込むことにより、打ち込み箇所に絶縁体を形成することができる。

また、超電導体には3つの臨界条件すなわち臨界温度 T_c 、臨界電流密度 J_c 、臨界磁界 H_c があり、いずれかの条件が臨界を越えると超電導状態が破壊されてしまう。そこで、集束イオンビーム等の集束ビームによる局所成膜を用いて、超電導配線に対して絶縁膜を介して立体交叉する配線を形成し、既局所成膜配線に十分な電流を供給すれば、その電流により発生する磁場を H_c より十分大きくでき、超電導電流をしゃ断できる。これにより超電導回路におけるスイッチングが可能である。

〔実施例〕

打ち込み絶縁体を形成することにより、超電導配線の直接描画や超電導回路の切断が可能である。

さらに集束ビームを用いて超電導配線のスイッチング回路が形成できれば、超電導薄膜層に対して任意の回路形成が可能となる。

本発明の目的は、集束ビームを用いて超電導薄膜上に絶縁体およびスイッチング回路を形成し、任意の超電導回路の形成を可能にした超電導回路の形成方法および超電導素子を提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

超電導薄膜上への絶縁体形成は、集束イオンビームを用いて選択的に不純物を打ち込むことにより達成される。

またスイッチング回路の形成は、集束イオンビーム等の集束ビームによる局所成膜を用いて、超電導配線に対して絶縁膜を介して立体交叉する配線を形成し、既局所成膜配線に電流を供給するための電源を設けることにより達成される。

〔作用〕

以下本発明の実施例を図を用いて説明する。

〈実施例1〉

第1図に本実施例の原理を示す。基板3上に絶縁層2を介して超電導層1を形成してある。超電導層1に対して、集束イオンビーム4を用いて所望箇所に不純物イオンを打ち込み、イオン打ち込み層5を形成する。イオン打ち込み層5は超電導状態を破壊して、絶縁体を形成する。一方液体金属イオン源や電界電離イオン源から放出したイオンビームを用いれば、 μm オーダー以下にビームを集束でき、位置、深さともに精度よくイオンを打ち込むことができるので、超電導薄膜層上の任意の領域に絶縁体を形成することができる。

第2図に本実施例による超電導配線形成例を示す。超電導配線を形成すべき領域の周囲に、集束イオンビームを用いてイオン打ち込み層5a, 5bを形成し、周囲の超電導層と分離絶縁することにより、超電導配線6を形成する。この方法を用いれば、集束イオンビームを用いて超電導配線の直接描画を行うことができる。

第3図に本実施例によるジョセフソン接合の形成例を示す。集束イオンビームを用いてイオン打ち込み層5c, 5dを形成し、両打ち込み層に挟まれた微小なブリッジ部により、ジョセフソン接合7を形成したものである。ここで、集束イオンビームは打ち込みに用いる場合は、加速エネルギーが100keV以上であるが、加速エネルギーを数10keVに下げ、ビーム電流を増やせば、物理的なスパッタ加工の効果が顕著になる。そこでスパッタ加工を用いて超電導層の所望の領域を加工することにより、第3図と同様のジョセフソン接合を形成した例を第4図に示した。

〈実施例2〉

第5図に本実施例の超電導スイッチング回路の形成方法を示す。集束イオンビームや集束レーザービーム等の集束ビームを、CVDガス雰囲気中で試料に照射することにより、集束ビームの照射領域に局所成膜を行うことができる。例えば、集束ビームとしてArFレーザー光をCVDガスとしてSiH₄とN₂Oの混合ガスを用いて、SiO₂絶縁膜を

線12に十分な電流を流して生じる磁場（図中の点線矢印）により超電導電流をしゃ断する。以上の様にして、CVD配線12への電流のONOFFにより、超電導電流のスイッチングを行うことができる。

〈実施例3〉

第7図に本実施例の超電導素子およびその回路形成方法を示す。超電導素子は、超電導電極13と、その間を格子状に連結する超電導配線14と、各格子間に設けた電極15からなる。実施例1を用いて、所望の超電導配線に絶縁部16a乃至16dを設け配線を切断し、実施例2を用いて、所望の超電導配線にスイッチング回路17q乃至17dを設ける。以上の様にして、全体として所望の動作を示す任意の回路を形成することができる。

（発明の効果）

以上説明したように本発明によれば、集束ビームを用いて超電導薄膜上に絶縁体およびスイッチング回路を形成できるので、任意の超電導回路を

形成した例や、集束ビームとしてGaイオンビームをCVDガスとしてW(CO)₆を用いて、W配線を形成した例など、多数の局所成膜例が報告されている。そこで、集束ビームによる局所成膜を用いることにより、まず超電導配線9上にCVD絶縁膜10を形成する。さらにCVD絶縁膜10上を通り超電導配線に対し立体交叉する様に、CVD配線12を形成する。CVD配線12の両端はパッド11a, 11bに接続し、電流を供給することができる。

以上の様にして形成したスイッチング回路の動作原理を第6図に示す。ここで、超電導体には3つの臨界条件すなわち臨界温度T_c、臨界電流密度J_c、臨界磁界H_cがあり、いずれかの条件が臨界を越えると超電導状態が破壊される。そこで、超電導配線に外部からH_cより十分大きな磁界を与えることにより、超電導電流をしゃ断することができる。第6図の左図では、CVD配線12に電流を流しておらず、超電導配線9内を超電導電流が流れる。これに対し、第6図右図ではCVD配

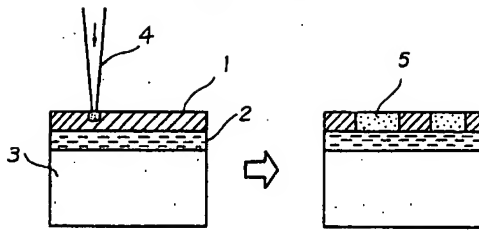
形成できる効果がある。

4. 図面の簡単な説明

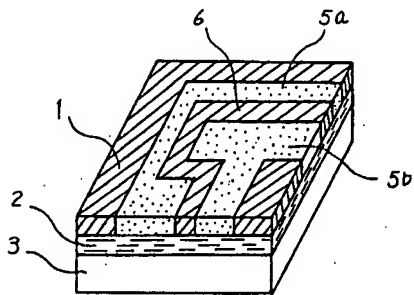
第1図は実施例1の原理説明図、第2図は超電導配線形成例を示す模式図、第3図および第4図はジョセフソン接合形成例を示す模式図、第5図は実施例2のスイッチング回路形成方法を示す模式図、第6図はスイッチング回路の動作原理を示す模式図、第7図は実施例3の超電導素子およびその回路形成方法を示す模式図である。

1…超電導層、2…絶縁層、3…基板、4…集束イオンビーム、5…イオン打ち込み層、6…超電導配線、7…ジョセフソン接合、9…超電導配線、10…CVD絶縁膜、12…CVD配線。

第 1 図

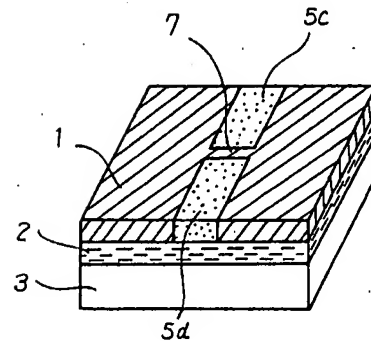


第 2 図

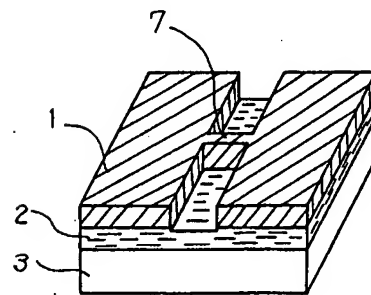


- | | |
|----------|--------------|
| 1...超電導層 | 4...集束イオンビーム |
| 2...絶縁層 | 5...打ち込み層 |
| 3...基板 | 6...超電導配線 |

第 3 図

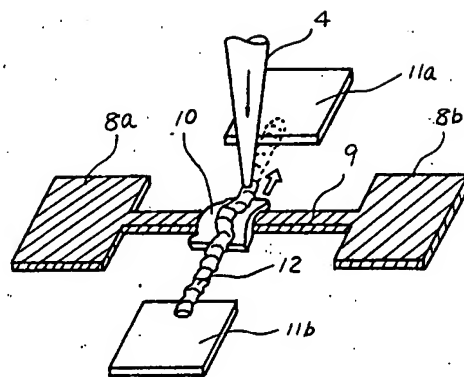


第 4 図

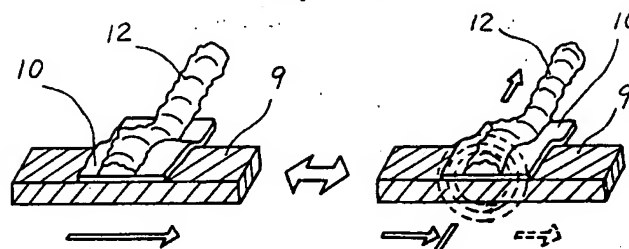


7-ジョセフソン接合

第 5 図



第 6 図



- | |
|-------------|
| 9...超電導配線 |
| 10...CVD絶縁膜 |
| 12...CVD配線 |

